



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE

## Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones

### Carrera de Electrónica y Automatización

Trabajo de unidad de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Automatización

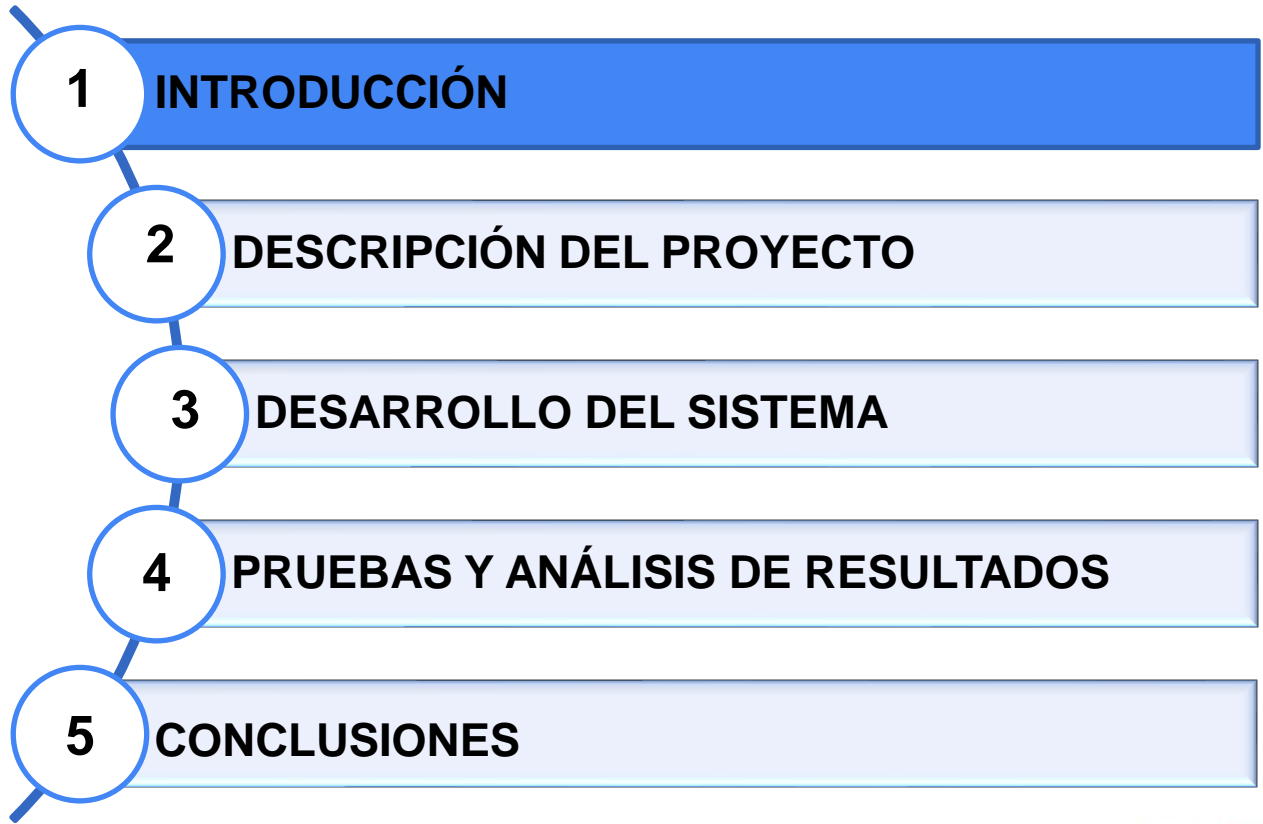
"Diseño e implementación de la estructura metálica, los equipos e instrumentos para el funcionamiento en modo manual del sistema de transporte y organización de envases para bebidas."

#### ***Autores:***

Cunalata Orellana, Diego Andrés  
Toapanta Toapanta, Kelvin Fabricio

Ing. Pruna Panchi, Edwin Patricio. Mgs, ***Tutor***





## LA PROBLEMÁTICA

Importancia del diseño de estaciones didácticas para mejorar la calidad de enseñanza en la carrera de Ingeniería en Electrónica y Automatización.

Necesidad de una formación práctica sólida para abordar desafíos técnicos y operativos en automatización de procesos industriales.

La implementación de la estación proporcionará un entorno realista para aplicar conceptos teóricos y desarrollar habilidades técnicas y de programación.



## ***Objetivo general***

- Diseñar e implementar la estructura metálica, los equipos e instrumentos para el funcionamiento en modo manual del sistema de transporte y organización de envases para bebidas.

## ***Objetivos específicos***

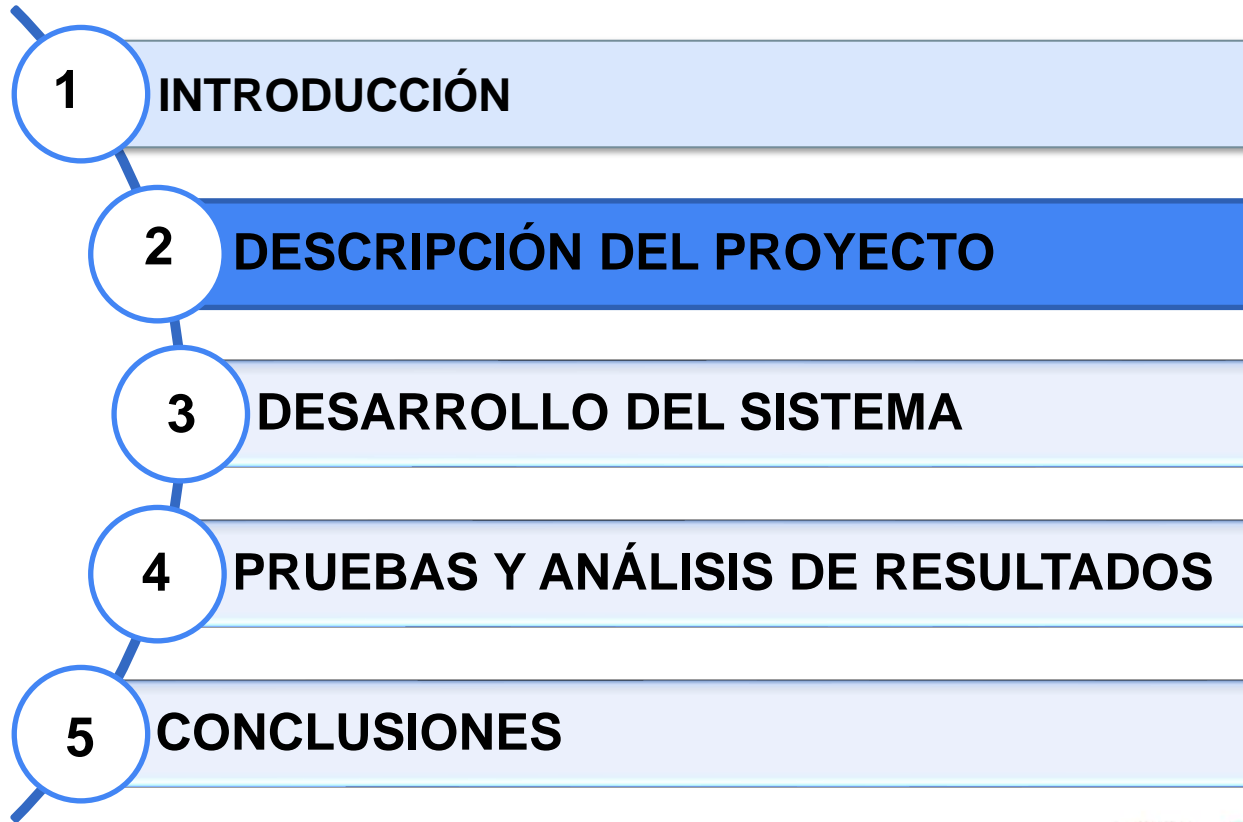
- Construir la estructura metálica para la estación de automatización.
- Seleccionar e instalar sensores en las etapas del sistema de transporte y organización de envases para bebidas.
- Implementar el sistema de transporte de envases (banda transportadora más sistema de control).
- Implementar el sistema de control de movimiento para la organización de los envases para bebidas en las jabs.

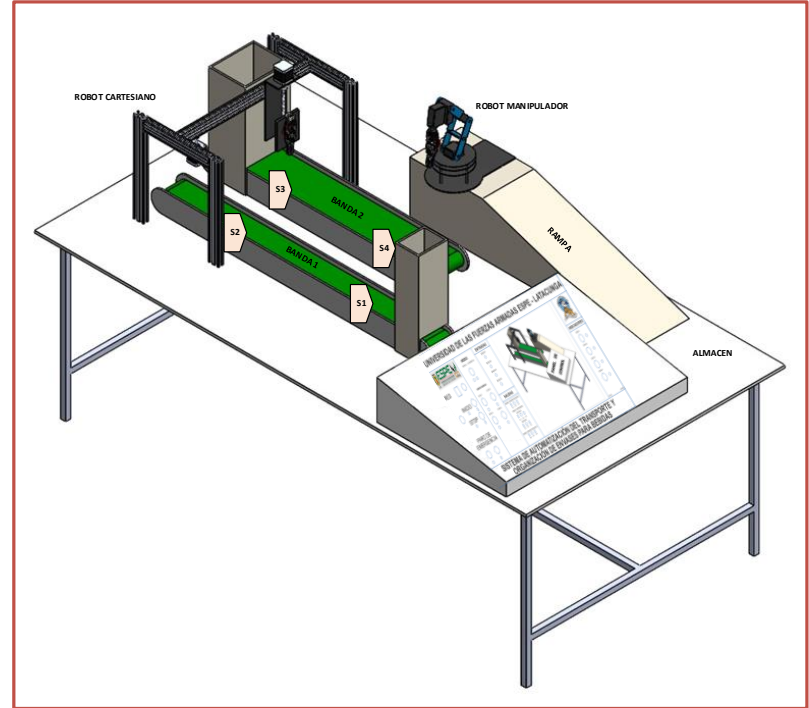
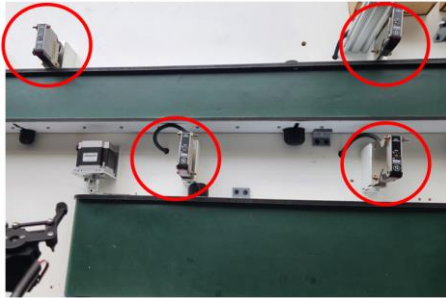
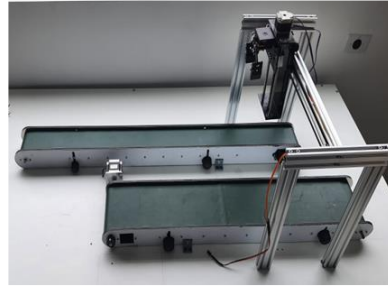
## *Objetivos específicos*

- Implementar el sistema de transporte de jabas (banda transportadora más sistema de control).
- Implementar un robot para el movimiento de las jabas hacia el área de despacho.
- Diseñar los esquemas eléctricos del sistema de automatización del transporte y organización de envases para bebidas.
- Realizar pruebas de funcionamiento en modo manual del sistema de automatización del transporte y organización de envases para bebidas.

## *HIPÓTESIS*

El diseño e implementación de una estación didáctica de transporte y organización de envases, permitirá el control del sistema.







## Diseño

## Implementación

ENTRADAS	SALIDAS	SALIDAS DE MÓDULO
<b>ENTRADAS DIGITALES</b>	<b>SALIDAS DIGITALES</b>	<b>SALIDAS DE MÓDULO</b>
o I0.0 o GND	o Q0.0 o GND	o Q2.0 o GND
o I0.1	o Q0.1	o Q2.1
o I0.2	o Q0.2	o Q2.2
o I0.3	o Q0.3	o Q2.3
o I0.4	o Q0.4	o Q2.4
o I0.5	o Q0.4	o Q2.5
o I0.6	o Q0.5	o Q2.6
o I0.7	o Q0.6	o Q2.7
o I1.0	o Q0.7	o Q3.0
o I1.1	o Q1.0	o Q3.1
o I1.2	o Q1.1	o Q3.2
o I1.3		o Q3.3
o I1.4		o Q3.4
o I1.5		o Q3.5
<b>ENTRADAS ANALÓGICAS</b>		o Q3.6
o A0.0 o GND		o Q3.7
o A0.1		

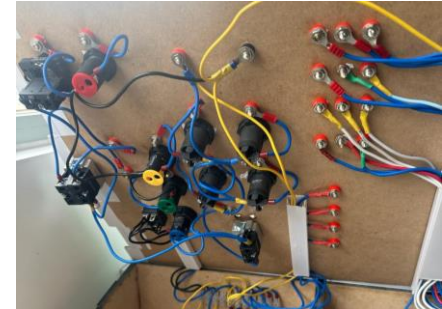
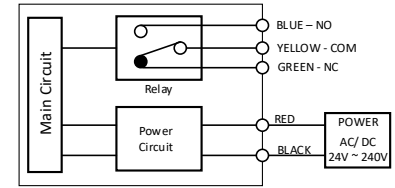
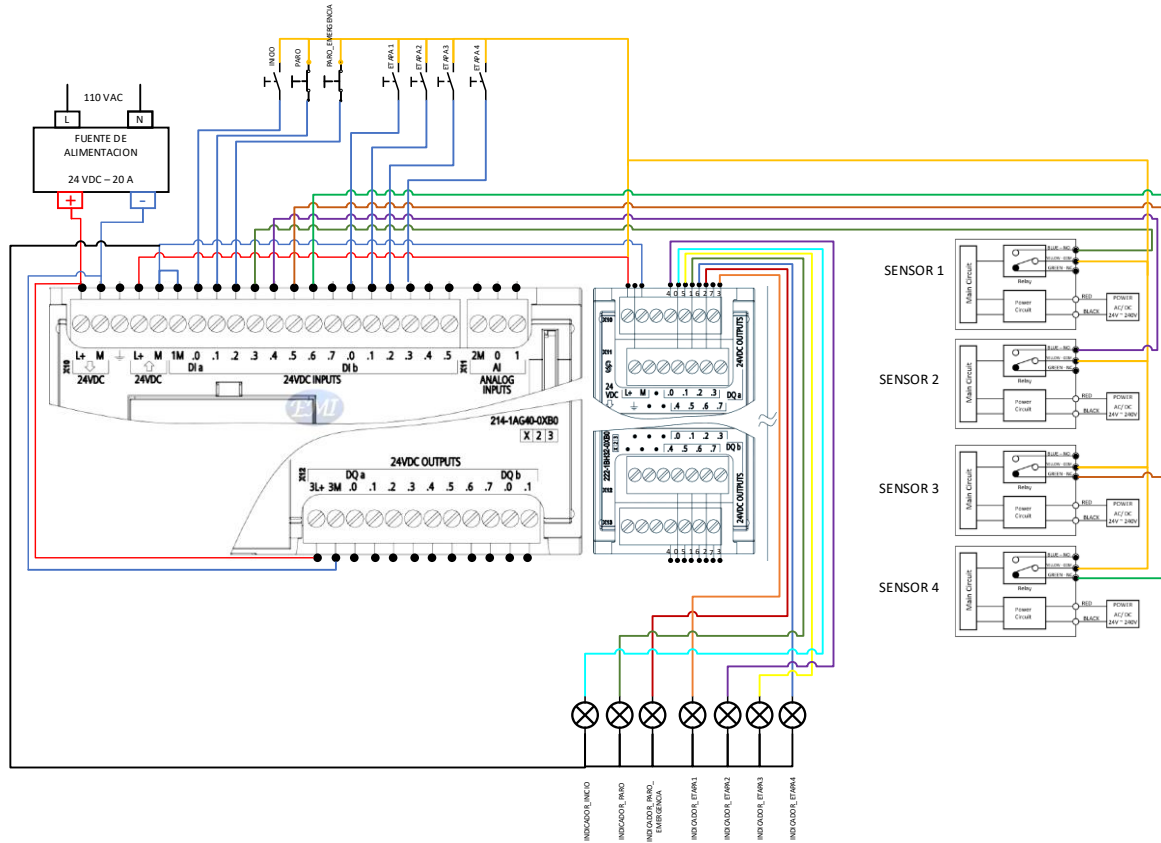
KT-DC 2024 AV-MQ

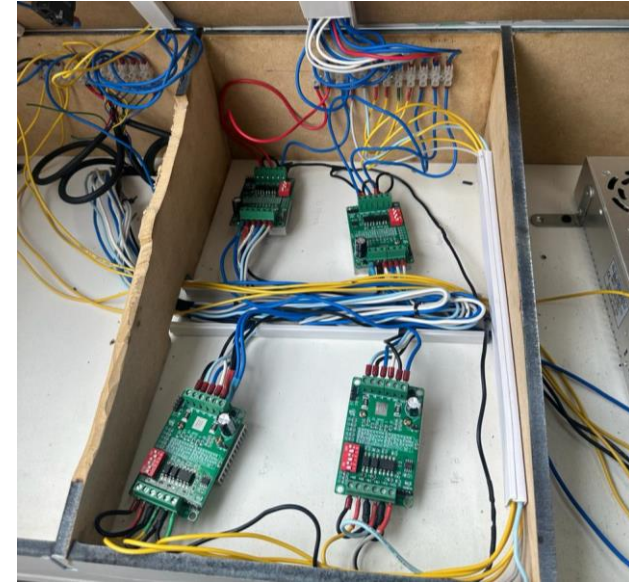
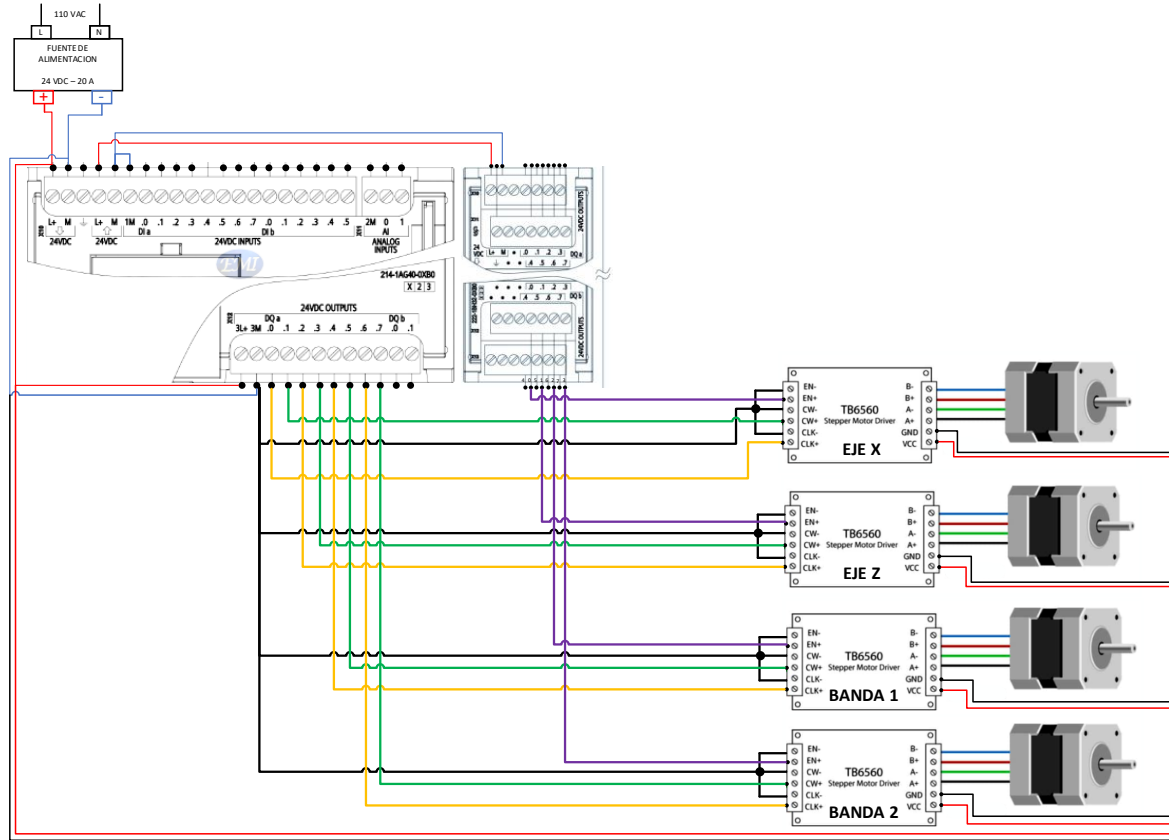


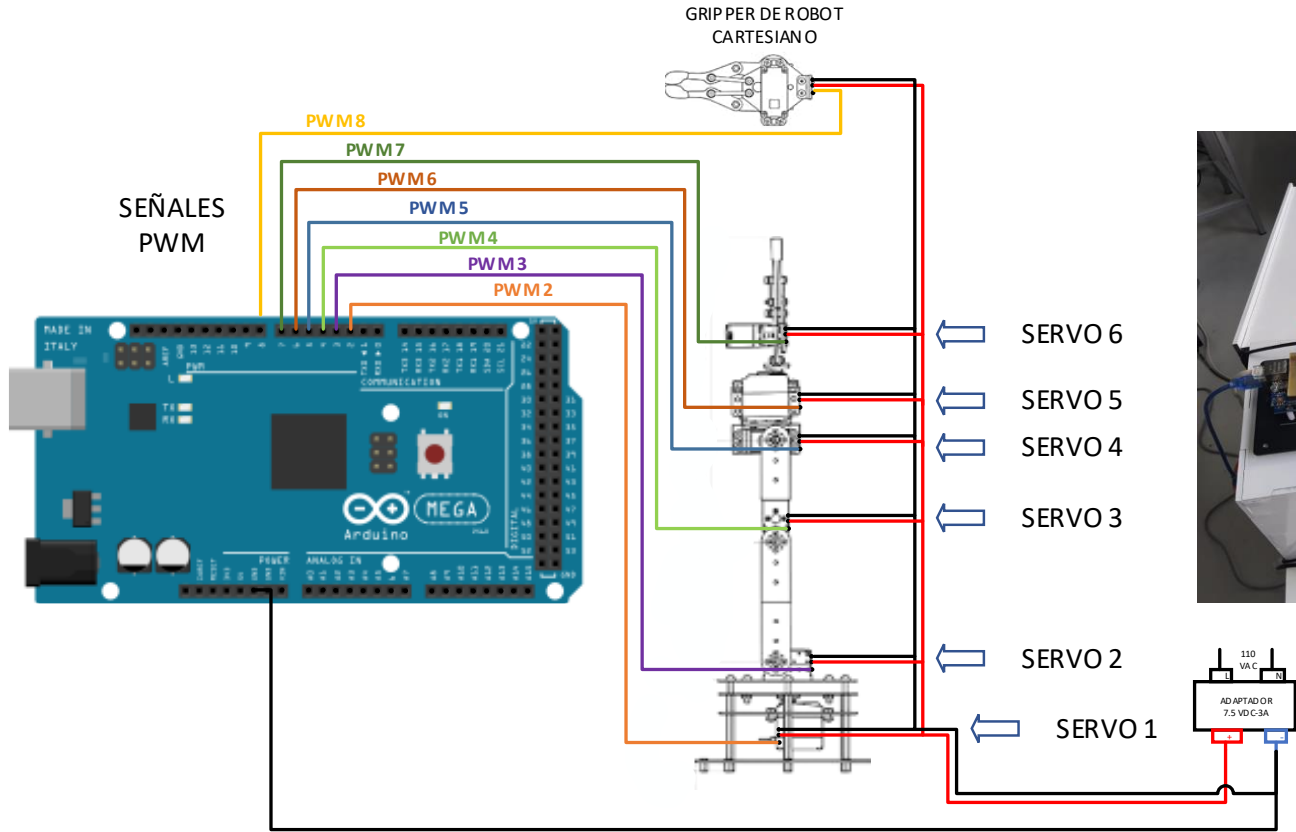
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE-L

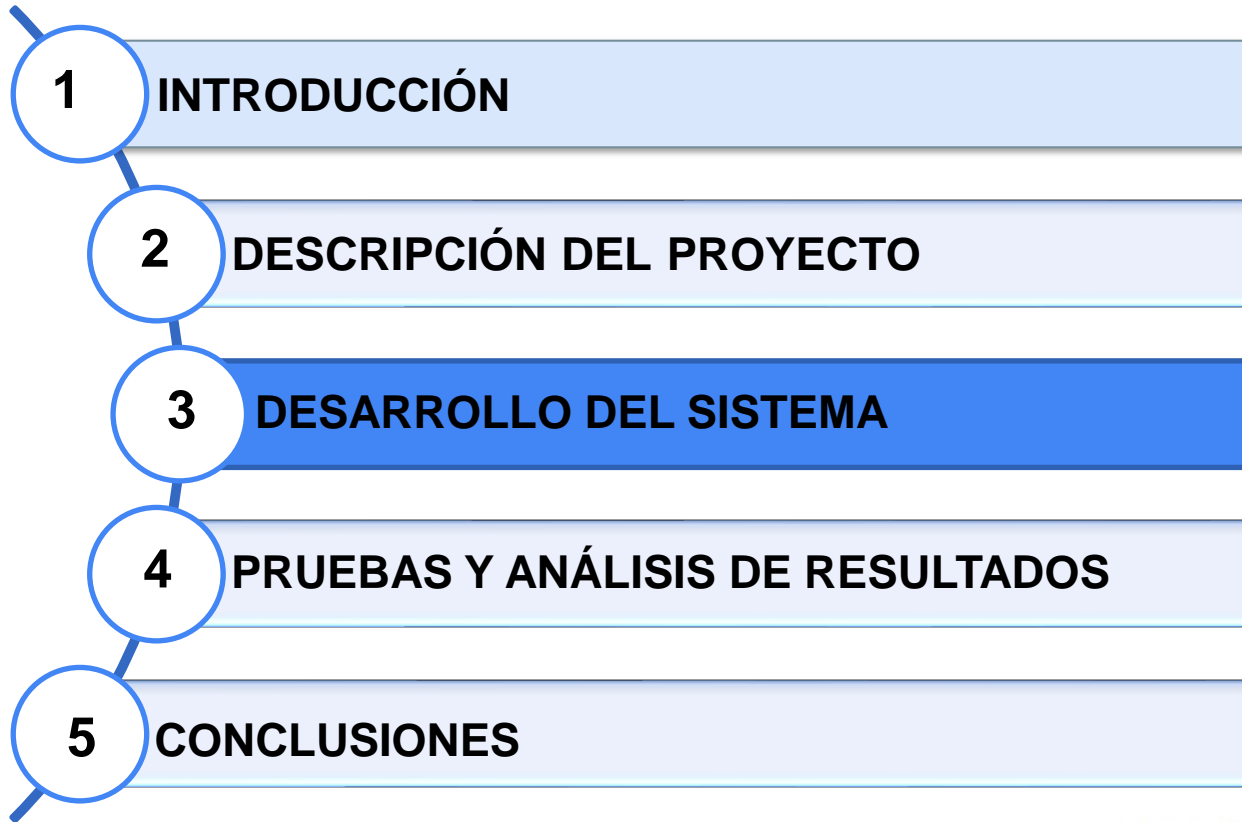
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE - LATACUNGA

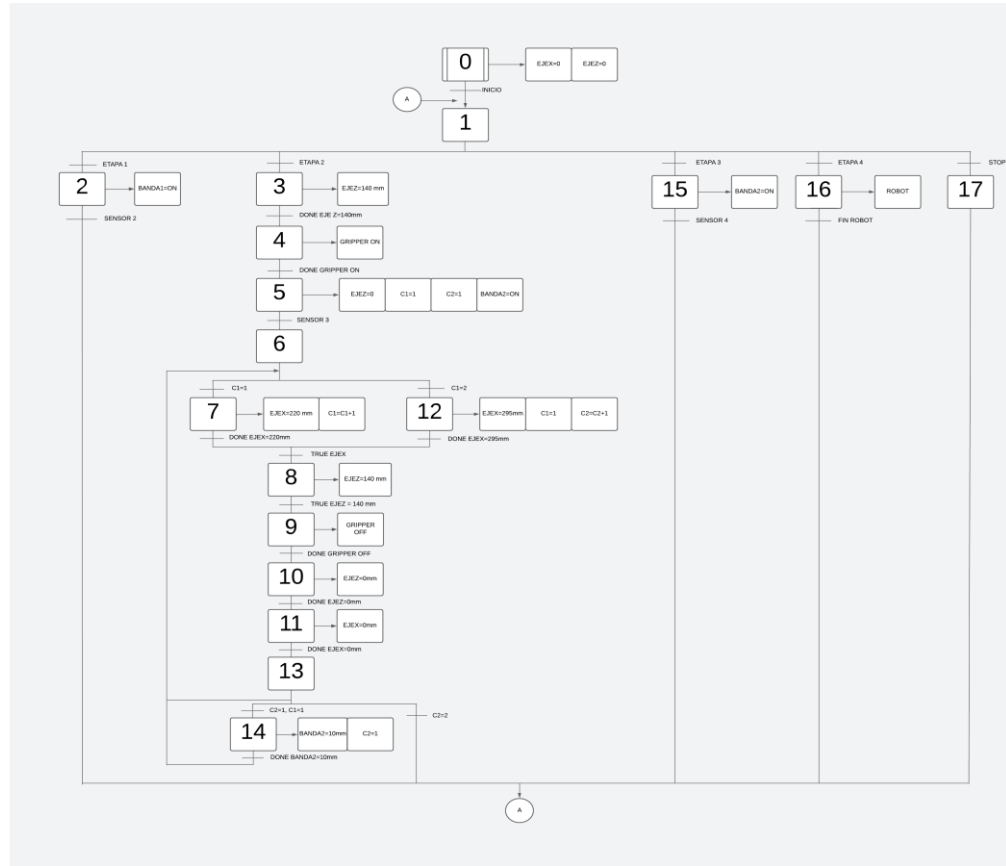
SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN DEL TRANSPORTE Y ORGANIZACIÓN DE ENVASES PARA BEBIDAS



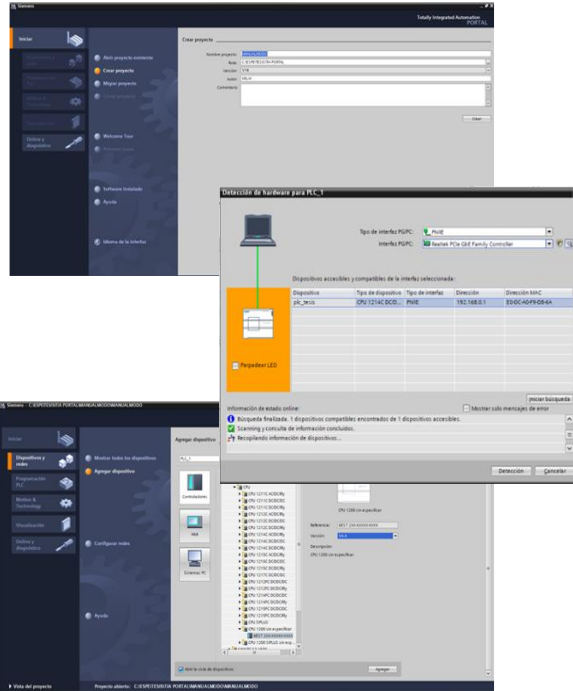




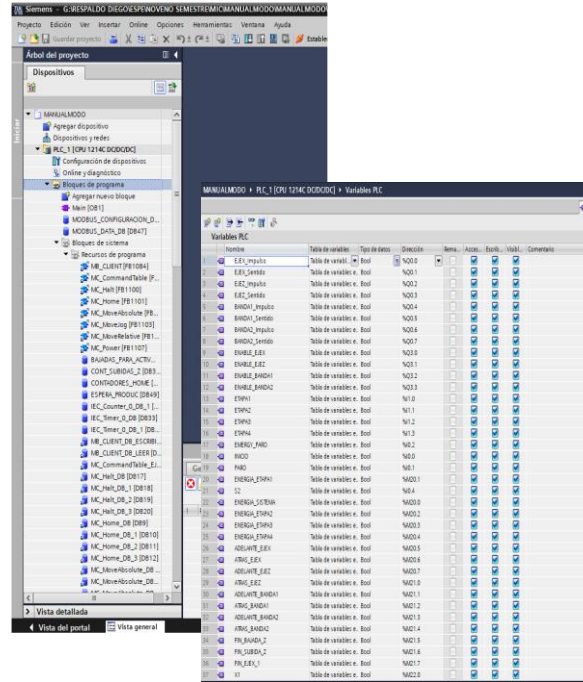




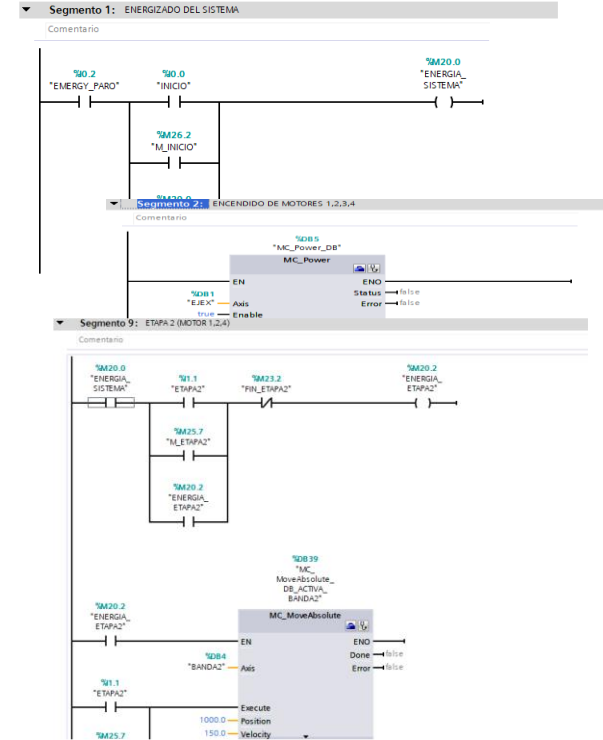
Configuración de dispositivos.



Agregar bloques de programa y variables.



Desarrollo de programación.



Arbol del proyecto

Dispositivos

- MANUALMODO
  - Agregar dispositivo
  - Dispositivos y redes
  - PLC\_1 [CPU 1214C DC/DC/DC]
    - Configuración de dispositivos
    - Online y diagnóstico
    - Bloques de programa
    - Objetos tecnológicos
      - Agregar objeto** (b)
      - Fuentes externas
      - Variables PLC
      - Tipos de datos PLC
      - Tablas de observación y forzado perma.
      - Backups online
      - Traces
      - Comunicación OPC UA
      - Datos de proxy de dispositivo
      - Información del programa
      - Listas de textos de aviso PLC
      - Módulos locales
    - Dispositivos no agrupados
    - Configuración de seguridad

Vista detallada

Objetos tecnológicos

Agregar objeto

Nombre: BANDA1 (f)

Motion Control (c)

Nombre	Versión
— Ejes —	V7.0
TO_PositioningAxis (d, e)	V7.0
— Ejes Control —	
TO_CommandTable	V7.0

Tipo: TO\_PositioningAxis (g)

Número: 1

Manual

Automático

Descripción:  
El objeto tecnológico "Eje de posicionamiento" (TO\_PositioningAxis) representa un accionamiento físico en el controlador. Las instrucciones PLCopen de Motion Control permiten lanzar órdenes de posicionamiento al accionamiento a través del programa de usuario.

Más información

Agregar y abrir (g) Aceptar Cancelar

*Agregar Objeto tecnológico*



MANUALMODO ▶ PLC\_1 [CPU 1214C DC/DC/DC] ▶ Objetos tecnológicos ▶ EJEX [DB1]

Parámetros básicos  
General  
Accionamiento  
Parámetros avanzados  
Mecánica  
Límites de posición  
Dinámica  
General  
Parada de emergencia  
Referenciando  
Activo  
Pasivo

General

Objeto tecnológico: Eje

Nombre del eje: EJEX

Programa de usuario → Objeto tecnológico: Eje → PTO (Pulse Train Output) → Accionamiento

Accionamiento

**a**  PTO (Pulse Train Output)  
 Conexión analógica del accionamiento  
 PROFIdrive

Unidad de medida

Unidad de medida posición: mm **b**

*Configuración de Parámetros Básicos*



**Interfaz de hardware**

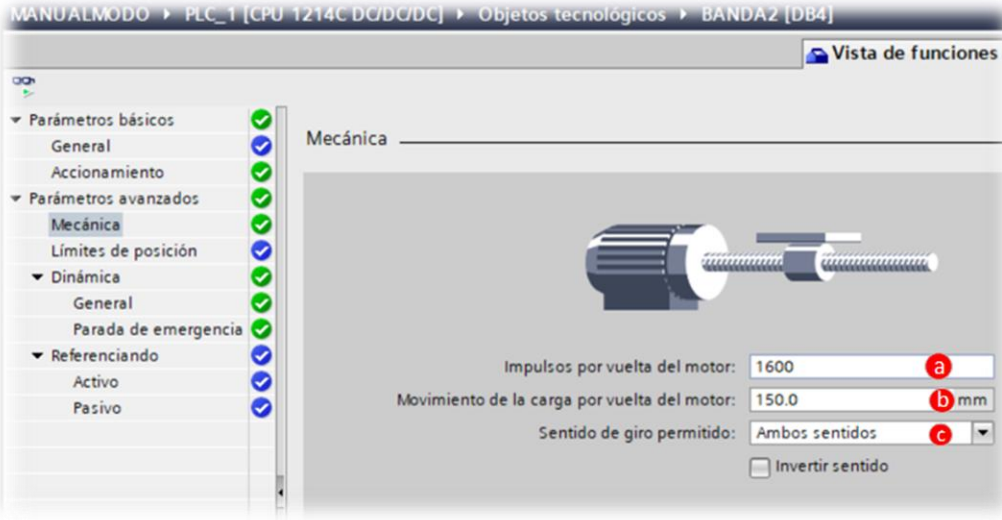
- a** Generador de impulsos: Pulse\_1
- b** Tipo de señal: PTO (impulso A y sentido B)
- c** Salida de impulsos: EJEX\_Impulso [%Q0.0] Salida integrada de 100 kHz
- Activar salida de sentido
- d** Salida de sentido: EJEX\_Sentido [%Q0.1] Salida integrada de 100 kHz

**Habilitación y respuesta del accionamiento**

CPU	Accionamiento
Selección salida de habilitación: ENABLE_EJEX [%Q3.0] <b>e</b>	Habilitar accionamiento
Selección entrada de disponibilidad: TRUE	Accionamiento listo

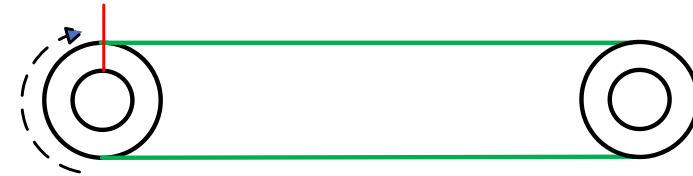
## Accionamiento

Motor no.	Descripción	Generador de impulsos	Salida de impulsos	Salida de sentido	Selección salida de habilitación
1	EJE X	Pulse_1	Q0.0	Q0.1	Q3.0
2	EJE Z	Pulse_2	Q0.2	Q0.3	Q3.1
3	BANDA 1	Pulse_3	Q0.4	Q0.5	Q3.2
4	BANDA 2	Pulse_4	Q0.6	Q0.7	Q3.3

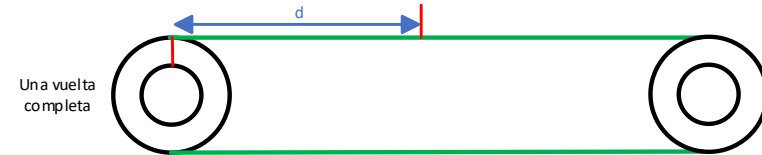


## Parámetros avanzados

Motor no.	Descripción	Impulsos por vuelta de motor	Movimiento de la carga por vuelta del motor	Sentido de giro permitido
1	EJE X	1600	40 mm	Ambos sentidos
2	EJE Z	1600	8 mm	Ambos sentidos
3	BANDA 1	1600	180 mm	Ambos sentidos
4	BANDA 2	1600	150 mm	Ambos sentidos



a. Línea de referencia en 0°



Una vuelta completa

b. Línea de referencia después de una vuelta de 360°

$$\text{Pasos por revolución} = \frac{360^\circ}{\text{ángulo de paso}}$$

$$\text{Pasos por revolución} = 200$$

$$\text{Impulsos por vuelta del motor} = (\text{Pasos Por Revolución}) * (\text{MicroPasos})$$

$$\text{Impulsos por vuelta del motor} = 1600$$

Parámetros básicos

- General
- Accionamiento

Parámetros avanzados

- Mecánica
- Límites de posición
- Dinámica
  - General
  - Parada de emergencia
- Referenciando
  - Activo
  - Pasivo

Unidad de los límites de velocidad: **a** impulsos/s

Velocidad máxima: 25000.0 impulsos/s

125.0 mm/s

Velocidad de arranque/parada: 100.0 impulsos/s

0.5 mm/s

Velocidad vs tiempo (t)

Aceleración/deceleración

Aceleración: 1245.0 mm/s<sup>2</sup>

Deceleración: 1245.0 mm/s<sup>2</sup>

**b** 0.1 s  $t_1$  **b** 0.1 s  $t_2$

Tiempo de aceleración: Tiempo de deceleración:

**c**  Activar limitación de tirón

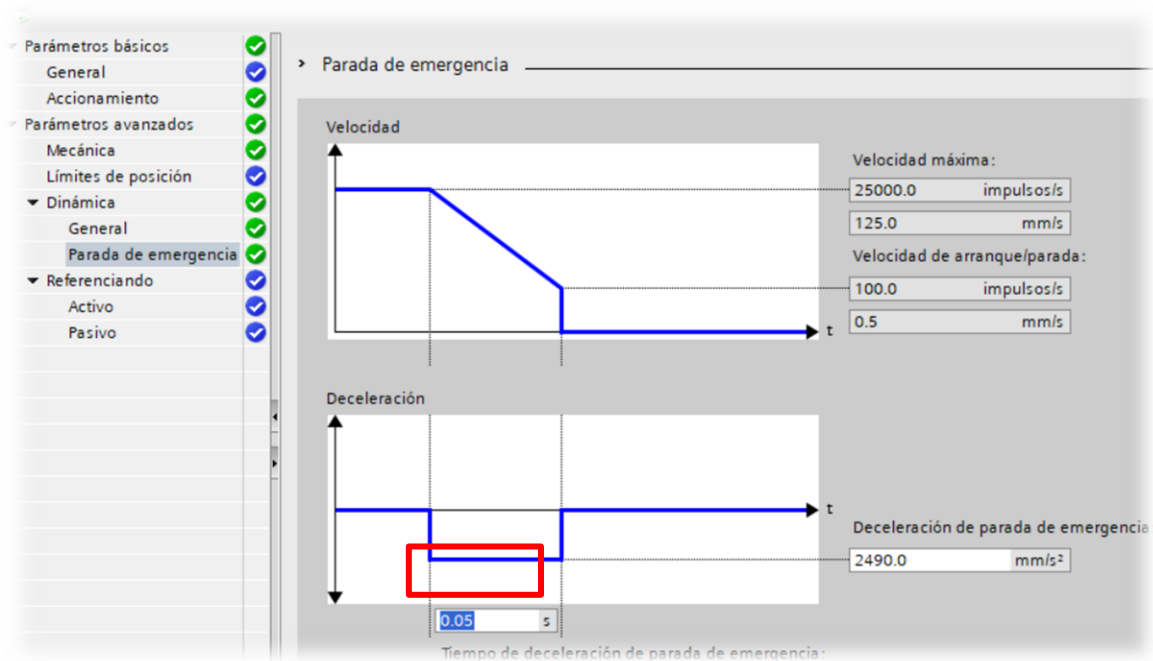
Tiempo de redondeo:  $t_1$ : 0.25 s  $t_2$ : 0.25 s

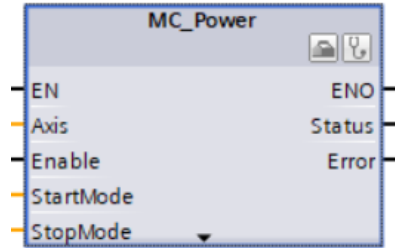
Tirón: 4980.0 mm/s<sup>3</sup>

Nota: Activando la limitación de tirón se prolonga el tiempo total de aceleración y deceleración del eje.

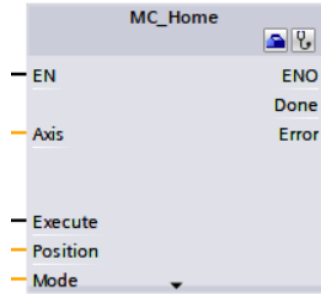
Configuración de la Dinámica

## Parada de emergencia

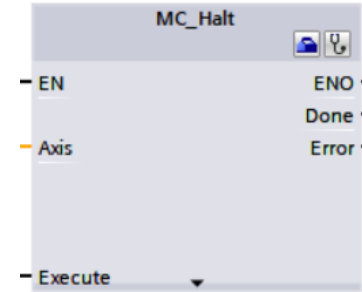




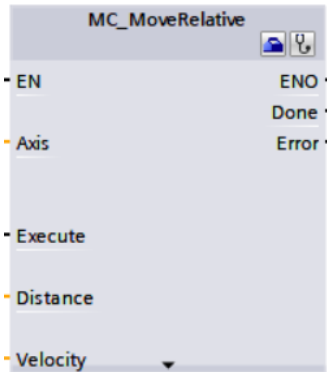
**MC\_Power:** su función es habilitar o energizar el eje.



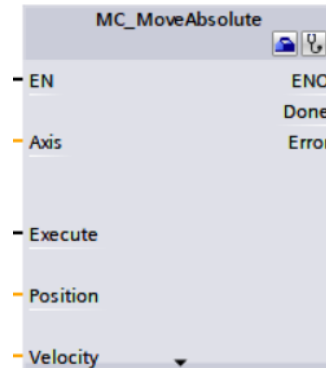
**MC\_Home:** su función es la referenciación del eje



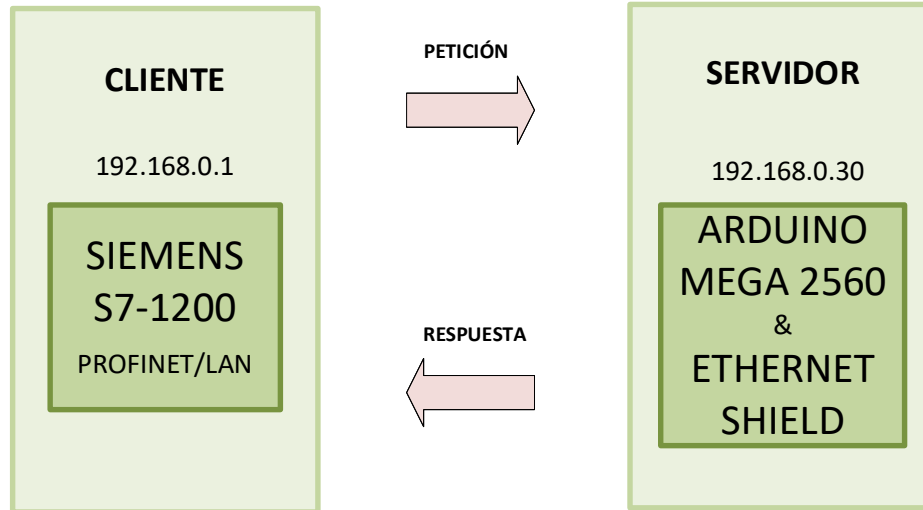
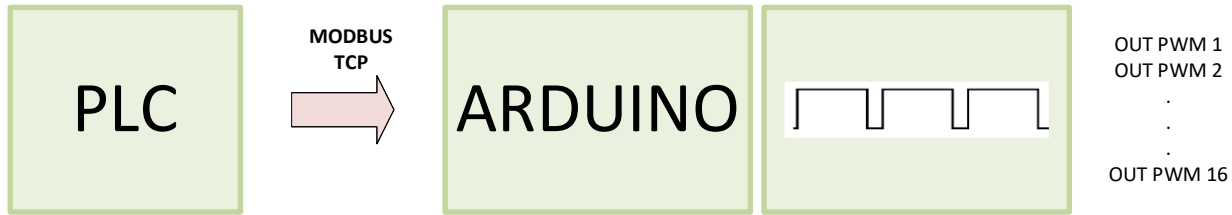
**MC\_Halt:** la función principal de este bloque es detener al eje en cualquier circunstancia



**MC\_MoveAbsolute:** la función de este bloque es posicionar al eje de forma relativa



**MC\_MoveRelative:** la función de este bloque es posicionar al eje de forma absoluta



*Ingreso de variables en la Base de datos MODBUS\_CONFIGURATION\_DB*

MODBUS_CONFIGURATION_DB								
	Nombre	Tipo de datos	Valor de arranq...	Remanen...	Accesible d...	Escrib...	Visible en ..	Valor de a...
1	Static			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	LEER_REQ	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	LEER_DISCONNECT	Bool	FALSE	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	LEER_MB_MODE	USInt	103	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	LEER_MB_DATA_ADDR	UDInt	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	LEER_MB_DATA_LEN	UInt	10	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	LEER_CONNECT	TCON_IP_v4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8	ESCRIBIR_REQ	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	ESCRIBIR_DISCONNECT	Bool	FALSE	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	ESCRIBIR_MB_MODE	USInt	116	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	ESCRIBIR_MB_DATA_A...	UDInt	5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	ESCRIBIR_MB_DATA_L...	UInt	3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	CONNECT_ESCRIBIR	TCON_IP_v4		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>





## Configuración de variable LEER\_CONNECT

7	LEER_CONNECT	TCON_IP_v4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	Interfaced	HW_ANY	64	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	HWIdentifier of IE-interface submodule
9	ID	CONN_OUC	222	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	connection reference / identifier
10	ConnectionType	Byte	11	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	type of connection: 11=TCP/IP, 19=UDP (17=TCP)
11	ActiveEstablished	Bool	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	active/passive connection establishment
12	RemoteAddress	IP_V4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	remote IP address (IPv4)
13	ADDR	Array[1..4] of Byte		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	IPv4 address
14	ADDR[1]	Byte	192	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	IPv4 address
15	ADDR[2]	Byte	168	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	IPv4 address
16	ADDR[3]	Byte	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	IPv4 address
17	ADDR[4]	Byte	30	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	IPv4 address
18	RemotePort	UInt	502	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	remote UDP/TCP port number
19	LocalPort	UInt	502	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	local UDP/TCP port number

## Configuración de variable CONNECT\_ESCRIBIR

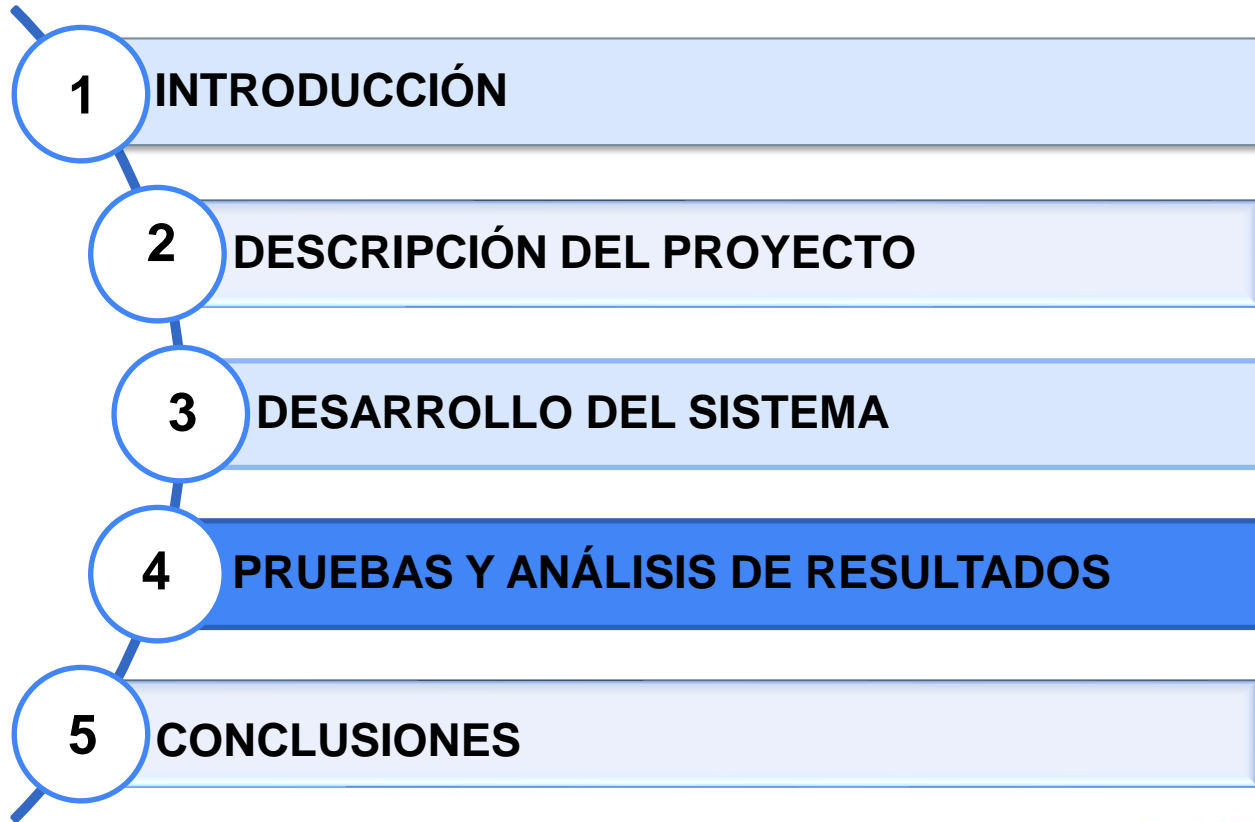
25	CONNECT_ESCRIBIR	TCON_IP_v4		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
26	Interfaced	HW_ANY	64	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	HWIdentifier of IE-interface submodule
27	ID	CONN_OUC	91	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	connection reference / identifier
28	ConnectionType	Byte	11	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	type of connection: 11=TCP/IP, 19=UDP (17=TCP)
29	ActiveEstablished	Bool	TRUE	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	active/passive connection establishment
30	RemoteAddress	IP_V4		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	remote IP address (IPv4)
31	ADDR	Array[1..4] of Byte		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	IPv4 address
32	ADDR[1]	Byte	192	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	IPv4 address
33	ADDR[2]	Byte	168	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	IPv4 address
34	ADDR[3]	Byte	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	IPv4 address
35	ADDR[4]	Byte	30	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	IPv4 address
36	RemotePort	UInt	502	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	remote UDP/TCP port number
37	LocalPort	UInt	502	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	local UDP/TCP port number

## Creación de base de datos MODBUS\_DATA\_DB

MANUALMODO

- Agregar dispositivo
- Dispositivos y redes
- PLC\_1 [CPU 1214C DC/DC/DC]
  - Configuración de dispositivos
  - Online y diagnóstico
  - Bloques de programa
    - Agregar nuevo bloque **a**
    - Main [OB1]

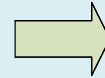




PANEL DE CONTROL



ETAPA 1



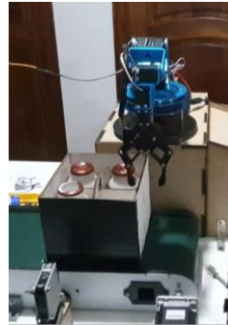
ETAPA 2



ETAPA 3



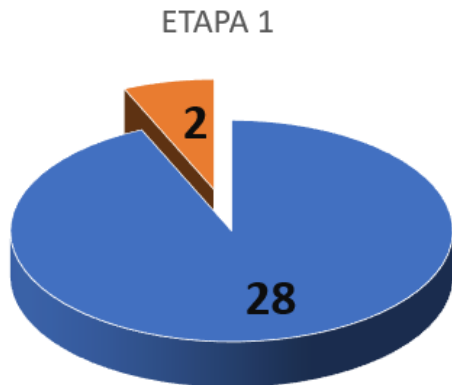
ETAPA 4



## ETAPA 1

Los resultados que se obtuvieron de los 30 intentos son:

- Numero de envases detectados correctamente: 28
- Numero de envases detectados incorrectamente: 2

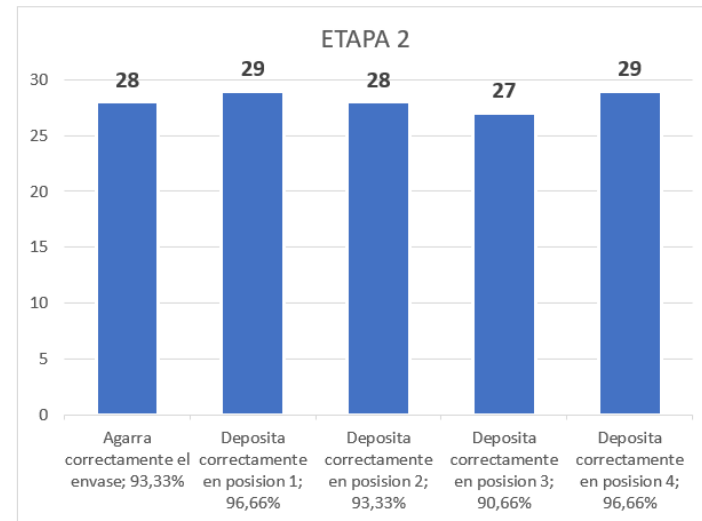


- Envase detectado correctamente por SENSOR 2; 93,33%
- Envase no detectado por sensor SENSOR 2; 6,6%

## ETAPA 2

Los resultados que se obtuvieron de los 30 intentos son:

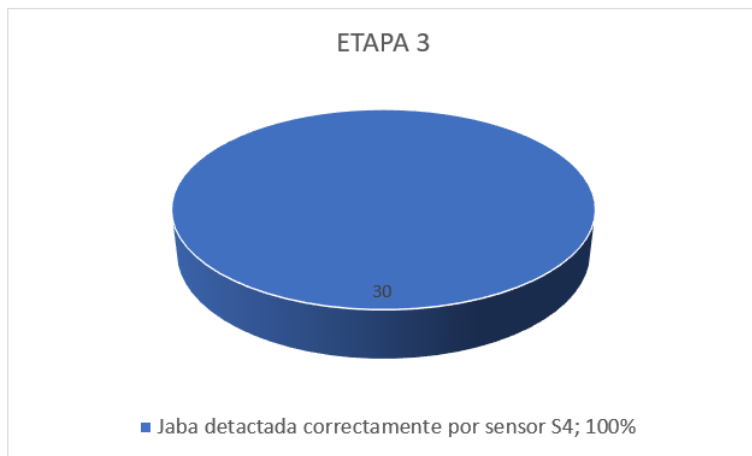
- Agarra correctamente el envase: 28 intentos
- Deposita correctamente en posición 1: 29 intentos
- Deposita correctamente en posición 2: 28 intentos
- Deposita correctamente en posición 3: 27 intentos
- Deposita correctamente en posición 4: 29 intentos



## ETAPA 3

Los resultados que se obtuvieron de los 30 intentos son:

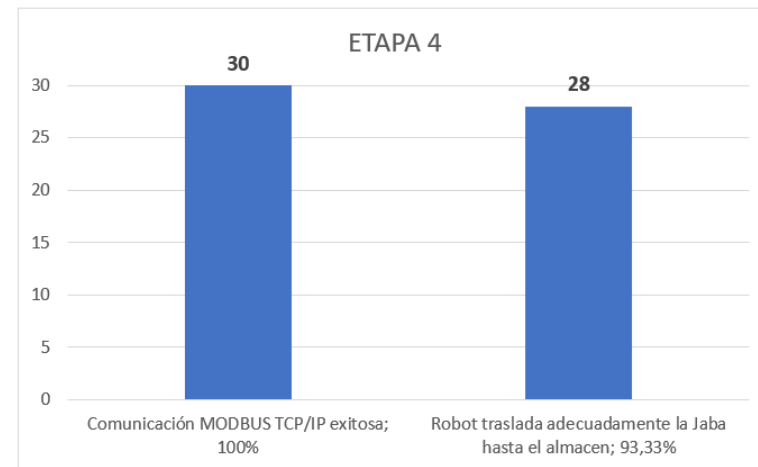
- Numero de envases detectados correctamente: 30



## ETAPA 4

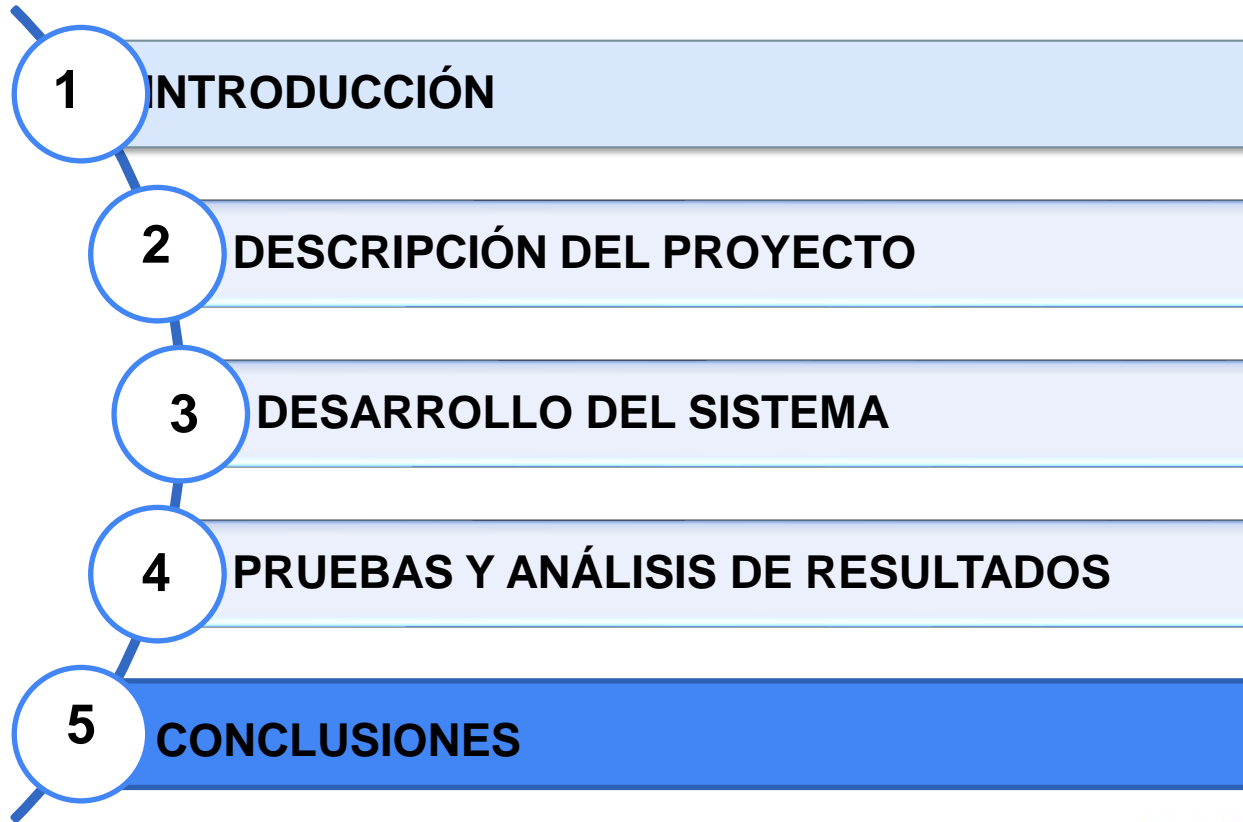
Los resultados que se obtuvieron de los 30 intentos son:

- La comunicación MODBUS TCP/IP es muy segura y confiable ya que presenta un porcentaje del 100% .
- El robot manipulador presenta una aceptación del 93,3% en sus intentos.



Se diseñó e implemento la estación didáctica de transporte y organización de envases, obteniendo como resultados valores mayores al 93% de eficiencia en las pruebas de funcionamiento realizadas a las cuatro etapas, en las que se evaluó el desempeño del sensor fotoeléctrico PE-R05D, el comportamiento del robot manipulador ante cargas de 210g y la comunicación MODBUS TCP/IP. El motivo por el cual no llega al 100% de eficiencia es por el criterio estricto que se tomó en las pruebas, no se consideran validas las pruebas que rozan a la jaba, pero cabe mencionar que todas las jabas van llenas. Por lo antes mencionado se valida la hipótesis planteada.







- El diseño y construcción de la estructura metálica ayudo en la implementación de la estación didáctica, ya que puede soportar el peso de todos los elementos que están sujetos a ésta.
- El sensor fotoeléctrico PE-R05D tiene una mejor respuesta ante objetos de color oscuro, ya que en las pruebas realizadas demostró una eficiencia del 100% con colores oscuros frente a una eficiencia del 93,3% con colores claros.
- La investigación realizada fue de gran ayuda al momento de configurar los dispositivos que intervienen en la automatización, como el Driver TB6560 en el cual se estableció la corriente máxima a la que operara el motor Nema 17 (1.2 A) y el número de micro pasos con los que trabajara.
- La característica plug and play que posee la estación didáctica permite a los usuarios realizar el control de la planta de una forma más fácil y simplificada, sin tener que realizar alguna configuración extra y sin la necesidad de conocer a fondo el hardware que está manipulando, y enfocarse a la parte del control y automatización.



- Los motores paso a paso Nema 17 requieren específicamente de un PLC con salidas transistorizadas en las que se pueda hacer uso de los PTO (Pulse Train Output), es decir se requiere un PLC que disponga salidas de impulso y sentido que trabajen a una frecuencia de 100khz.
- EL protocolo de comunicación MODBUS TCP/IP implementado en la estación didáctica requiere de una configuración detallada, pero con ayuda del bloque MB\_CLIENT se simplifica de una manera considerable a la vez que su respuesta es excelente una vez que entra en funcionamiento, no existe perdidas de datos y su respuesta es instantánea alrededor de los 100ms.
- La estación didáctica dispone de un control secuencial por cuatro etapas basado en la normativa ISA S 88, en el cual se describe de forma coherente las operaciones que realiza cada etapa, además incluye la adaptabilidad de procesos, es decir que el sistema puede ser reconfigurado para cambiar el producto según la demanda requerida y así usar la estación para el traslado y organización de diferentes envases.



# GRACIAS



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACION PARA LA EXCELENCIA